美国智能制造的发展及启示

孙 毅[1*] 罗穆雄[2]

1 中国科学院大学 经济与管理学院 北京 100190

2 中国科学院大学 中丹学院 北京 100190

摘要 随着新一轮科技革命和产业变革的兴起，我国经济正处于经济结构转型的重要战略机遇期。作为工业大国，制造业转型升级成为驱动经济高质量发展，实现以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局的重要抓手。与长期以来对美国重视虚拟经济、轻视实体经济的认知相反，自2010年至今，美国奥巴马、特朗普和拜登3届政府都将振兴美国制造业、激发美国制造业创新活力作为保障美国经济领先地位的核心战略，并通过《2014年振兴美国制造业和创新法案》《国家制造业创新网络》《2021年美国创新和竞争法案》等一系列政策完善了美国智能制造的顶层设计，为美国智能制造提供了政策支持与指导意见。文章以智能制造为切入点，系统梳理了自奥巴马政府以来美国智能制造政策的演化过程，重点分析了美国制造业创新研究所与制造业拓展伙伴计划两大典型实践，总结了美国制造业转型升级的经验，为我国的制造业转型升级提供借鉴。为推进我国智能制造发展，基于美国的政策及相应实践，结合我国国情与产业基础，文章梳理总结了美国智能制造政策对推进我国政策改进的6点启示：（1）加强政府的引领作用，完善智能制造顶层设计；（2）培育智能制造生态系统，扶植中小企业发展；（3）增强自主创新能力，推动关键性技术的发现与商业化进程；（4）深化开放合作，促进知识的共享与融合；（5）改革考核评估体系，优化创新资源配置；（6）完善教育与培训体系，强化智能制造人才培养机制。

关键词 美国，智能制造，制造业，创新研究所，制造业拓展伙伴，政策

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20210501002

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出深入实施制造强国战略，推动制造业优化升级。在政策引导与以数字技术为代表的第四次产业革命的推动下，传统制造业正加速与信息技术融合，不断形成新产品、新流程与新模式。我国制造业虽然规模较大，但与发达

*通信作者

资助项目：国家自然科学基金面上项目（72073125）

修改稿收到日期：2021年11月1日

国家相比还有较大差距，大而不强、创新能力弱、对外依存度高、创新体系不完善等问题依旧突出①。

美国先进制造业的发展为我国推进制造强国建设提供了有益借鉴。美国智能制造产业政策虽然在奥巴马、特朗普和拜登执政时期侧重点各有不同，但其本质都是通过建立有助于跨界知识融合的体制机制，从国家层面上推动传统制造业、数字经济、商业管理等跨界知识的深度融合。美国智能制造系列战略上的核心思路虽历经奥巴马、特朗普和拜登 3 届政府，但迄今为止依然保持不变：① 主张建立制造业与创新的联系，重塑美国工业生态系统；② 强化政府对制造业的宏观指导、重视顶层设计；③ 重视中小企业的发展、发挥大型企业的创新引领作用；④ 建立多层级的人才培养机制，重视具备数字化素养的新型技术工人的培养。这一系列政策在提高美国制造业创新能力、重振美国全球竞争力的进程中发挥了重要作用。基于此，本研究通过对美国智能制造政策的梳理，深入分析美国智能制造的主要实践，总结相关经验，以期对我国智能制造发展有所借鉴。

1 美国智能制造的政策要点

2008 年金融危机之后，美国开始反思过度依赖虚拟经济的产业政策，同时将制造业作为振兴美国经济的抓手。在总统科学技术顾问委员会（PCAST）的建议下，美国国会通过了《先进制造业伙伴计划》（*Advanced Manufacturing Partnership*）和《振兴美国制造业和创新法案》（*Revitalize American Manufacturing and Innovation Act of 2014*）。这 2 部法案为美国智能制造业的顶层设计奠定了重要基础，对美国制造业创新中心的设立起了重要的引导作用。随后，美国国会于 2014 年以法案形式确立了《国家制造业创新网络》（*National Network for Manufacturing Innovation*）②，主张建立关键领域的研究所来聚合产业界、学术界、联邦及地方政府等多个主体，建立和完善创新生态系统[1]。

在美国制造的基础上，美国参众两院又提出了不同的立法法案以增强美国制造业的创新能力与竞争力。2021 年 6 月，美国参议院通过了《2021 年美国创新和竞争法案》（*United States Innovation and Competition Act of 2021*），其中的拨款方案和《无尽前沿法案》（*Endless Frontiers Act*）主张美国联邦政府应通过关键领域的公共投资增强美国新技术实力[2]。另外，美国众议院通过了《国家科学基金会未来法案》（*National Science Foundation for the Future Act*），该法案一方面从机构设置上对美国国家科学基金会（NSF）进行改造，另一方面倡导对多个技术领域的投资与关注[3]。总的来说，美国智能制造产业政策体现在 4 个方面。

1.1 政府发挥全方位引领作用，强化高端产业布局

美国智能制造业一个突出的特点是采取大规模的公私合作，以支持智能制造的相关活动。例如，《国家制造业创新网络》主张各研究所重点各关注 1 个领域，通过项目定制和招标，推动会员之间紧密联系、信息共享和合作研究，达成共同的利益关注和资源投入。拜登政府颁布的《2021 年美国创新和竞争法案》将 570 亿美元作为紧急拨款，重点发展芯片和 5G 网络 2 个领域。同样，《无尽前沿法案》也要求美国国家科学基金会 5 年内在人工智能和机器学习、高性能计算、半导体和先进计算机硬件、量子计算和信息系统、机器人、自动化与先进制造等 10 个关键技术领域投资 1 000 亿美元。

1.2 培育创新生态系统，共享智能制造资源

《美国先进制造领先战略》强调智能制造应连接

① 国务院 . 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知 . (2015-05-08)[2021-08-27]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm.

② 该法案于 2016 年 9 月更名为《美国制造》（*Manufacturing USA*）。

中小企业并创建生态系统，具体措施包括向中小企业开放生产设施、专用设备及技术咨询援助，以帮助中小企业应对所面临的挑战。同时，各研究所积极创造便利条件以帮助新的创业公司，促进创业公司科技成果的商业化[4]。《无尽前沿法案》促进了联邦机构之间及其与非政府合作伙伴在创新方面的合作，体现在3点：① 授权美国商务部，扩大制造业拓展伙伴计划；② 在美国商务部建立一个供应链弹性计划，以缓解供应链脆弱性；③ 增加了对科研基础设施的投入，建立各类创新中心。

1.3 完善人才培养体系，加快发展先进制造业劳动力的步伐

在教育方面，《无尽前沿法案》提出，将在美国国家科学基金会设立一名首席多元化官（Chief Diversity Officer），加大理工科教育投入，以增强美国理工科人才培养能力。该法案拟增加大学的研究支出，设立本科生奖学金和行业培训项目、研究生奖学金和实习计划及博士后研究项目，促进和加速新技术从实验室向市场转移。除此之外，《国家科学基金会未来法案》规定了美国国家科学基金会应与美国国家科学院、国家工程院和国家医学院签订合同，资助多学科研究中心，以促进科技成果转化，以及科学、技术、工程和数学（STEM）等方面的人才培养。

1.4 推动科技体制变革，创新资源配置方式

《无尽前沿法案》和《国家科学基金会未来法案》都阐述了美国国家科学基金会的结构变更。《无尽前沿法案》主张设立技术理事会，同时授予美国国防部高级研究计划局（DARPA）类似的权限和项目管理权限；《国家科学基金会未来法案》则详细规定了美国国家科学基金会外部合作、科技转化、教育培训等具体职能，而且要求设立科学与工程解决方案理事会（SES），以加快将基础研究转化为新技术和新产品的进度。

2 美国智能制造的典型实践

《振兴美国制造业和创新法案》《国家制造业创新网络》《2021年美国创新和竞争法案》等政策一方面强化了政府在制造创新中的作用，主张通过公私合作的方式开发新兴技术和支持制造产业；另一方面打造了制造业创新系统，以促进不同知识的融合。为贯彻落实相关政策，美国联邦政府主要采取关键领域的公共投资、新机构（项目）的设立、“政、产、学、研”协调机制的建立等举措，不断提高美国制造业的创新能力，这主要体现在制造业创新研究所的设立与制造业拓展伙伴计划的实施过程中。制造业创新研究所本质上是公私联合体（即由公共与私人投资共同资助），每个研究所都专注于特定的先进制造技术。制造业拓展伙伴计划也是基于公共部门和私营部门之间的协调，该计划结合了美国工业、教育机构、政府、其他联邦研究实验室与机构的优势资源，将重点放在了美国制造企业技术、流程和服务的获取。

2.1 制造业创新研究所的实施方案及效果

美国制造业创新研究所将各方的资源聚集在一起，采用公私合作的方法来创新和发展先进的制造技术。2012—2020年，美国已建立了16个各有侧重的制造业创新研究所（表1），形成了遍布全国的先进制造创新网络，通过政府牵引、企业主导、高校和科研机构支持，打通了先进制造技术从基础研究到产业化、规模化应用的创新链条[5]。美国制造业创新研究所的实施及成果包括顶层设计、运行模式和实际效果3个方面。

（1）顶层设计。美国制造业创新研究所的顶层决策机制分为2个层面：① 制造业创新研究所的设立流程。首先，《先进制造业伙伴计划》指导委员会提出相关建议，并通过总统科技顾问委员会向总统报告；然后，经国家科技委员会（NSTC）决策通过后提交国会审议；最后，国会审议通过并形成法案。② 制造业

表1　美国16个制造业创新中心简介

Table 1　Introduction of 16 American institutes for manufacturing innovation

序号	机构名称	牵头机构	技术领域	建立机构	总部位置	建立时间	联邦/非联邦投资情况（亿美元）	计划投资时间（年）	会员数量（家）
1	美国制造——国家增材制造创新中心（America Makes）	美国国防制造与加工中心	增材制造	美国国防部	俄亥俄州扬斯敦	2021年8月	6.5 / 6.8	7	220
2	美国数字制造与设计创新中心（MxD）	美国伊利诺伊大学芝加哥分校	数字制造与设计、制造业网络安全	美国国防部	伊利诺伊州芝加哥	2014年2月	8.3 / 10.6	5	325
3	美国轻型材料创新中心（LIFT）	美国轻质材料制造创新研究所	轻金属制造	美国国防部	密歇根州底特律	2014年2月	7 / 7.8	5	104
4	美国电力——下一代电力电子创新中心（Power America）	美国北卡罗来纳州立大学	宽带隙电力电子制造	美国能源部	北卡罗来纳州罗利	2015年1月	7 / 7	5	48
5	美国先进复合材料制造创新中心（IACMI）	美国田纳西大学研究基金会	纤维增强聚合物复合材料制造	美国能源部	田纳西州诺克斯维尔	2015年6月	7 / 17.8	5	154
6	美国集成光子制造创新中心（AIM Photonics）	美国纽约州立大学研究基金会	集成光子制造	美国国防部	纽约州罗切斯特	2015年7月	11/ 50.2	5	99
7	美国柔性混合电子制造创新中心（NextFlex）	美国FlexTech联盟	薄型柔性电子设备和传感器制造	美国国防部	加利福尼亚州圣何塞	2015年8月	7.5 / 9.6	5	93
8	美国先进功能性织物创新中心（AFFOA）	美国麻省理工学院	复杂、集成和网络化的纤维、纱线和织物制造	美国国防部	马萨诸塞州剑桥	2016年4月	7.5 / 27.2	5	118
9	美国清洁能源智能制造创新中心（CESMII）	美国加州大学洛杉矶分校	智能制造	美国能源部	加利福尼亚州洛杉矶	2016年12月	7 / 7	5	102
10	美国先进可再生生物组织创新中心（BioFabUSA）	美国先进再生制造研究所	生物合成与制造	美国国防部	新罕布什尔州曼彻斯特	2017年2月	8 / 21.4	5	103
11	美国先进机器人制造创新中心（ARM）	美国卡内基·梅隆大学	变革型机器人制造	美国国防部	宾夕法尼亚州匹兹堡	2017年1月	8 / 17.3	5	170
12	美国国家生物制药制造创新中心（NIIMBL）	美国特拉华大学	生物制药	美国商务部	特拉华州纽瓦克	2017年3月	7 / 12.9	5	69
13	美国过程强化部署快速推进创新中心（RAPID）	美国化学工程师学会	用于清洁制造的模块化化学工艺强化	美国能源部	纽约州纽约市	2017年3月	7 /7	5	70
14	美国节能减排创新中心（REMADE）	美国可持续制造创新联盟	清洁能源和减少碳排放的可持续制造	美国能源部	纽约州西亨丽埃塔	2017年5月	7 / 7	5	75
15	美国网络安全制造创新研究所（CyManII）	美国卡内基·梅隆大学	网络能源安全	美国能源部	得克萨斯州圣安东尼奥	2020年11月	7 / 4.1	5	26
16	美国生物工业制造和设计生态系统（BioMADE）	美国国防部	工业生物技术	美国国防部	明尼苏达州圣保罗	2020年11月	8.8 / 18	5	101

数据来源：Manufacturing USA官方网站（https://www.manufacturingusa.com/institutes）

Data source: Manufacturing USA official website（https://www.manufacturingusa.com/institutes）

创新研究所的管理协调机制。先进制造国家项目办公室（AMNPO）承担主要责任并对《国家制造业创新网络》中的各部门进行协调[6]。

（2）运行模式。美国制造业创新研究所主要采取公私合营模式（PPP）运营，以激励各参与方共同努力实现创新目标。美国联邦政府与项目的大型制造公司、中小企业、州政府至少按 1∶1 的分摊资金（即投资主体的投资大于联邦政府的投资）。美国制造业创新研究所的各参与者分工明确：联邦政府负责战略规划和启动资金；研究机构负责研发；地方大学和社区学院负责训练劳动力；当地创新孵化器和风险资本提供者要引进企业家和创新技巧；制造商主要提供中心的启动与运行的资金、设备、材料及劳动力[7]。按照《振兴美国制造业和创新法案》和《国家制造业创新网络》要求，制造业创新研究所的评估方式主要包括 2 个方面：① 采用科学、精准的政策评估指标体系[6]；② 委托第三方机构开展独立评估并提供报告。

（3）实际效果。采取一系列举措后，美国先进制造领域创新活跃度高、产业转型升级成效显著。美国制造业创新研究所在近 5 年内取得 3 方面进展（表2）：① 促进了公共部门与私营部门的合作，提高了美国的创新能力。2015—2019 年，美国联邦政府投资与私人投资稳步增长，投资金额分别从最初的 1.04 亿美元（联邦政府）、2.17 亿美元（私人）增至 1.33 亿美元（联邦政府）、3.55 亿美元（私人）。与此同时，美国制造业创新研究所的数量由 2015 年的 7 家增至 14 家。② 为中小企业提供有效支持。从项目与中小企业会员的角度看，截至 2019 年，各研究所与产业界、学术界合作项目总计 561 项，是 2015 年项目数量（147 项）的近 3 倍，会员总数达到了 1 920 家，相比于 2015 年（800 家），增长了 140%。③ 提供劳动力培训项目，满足智能制造人才需求。2015 年，3.5 万名工人、学生参与了制造业创新研究所的教育和劳动力发展培训。经过 3 年发展，各制造业创新研究所对美国劳动力培训数量增到 20 万人。

2.2 制造业拓展伙伴计划的实施方案及效果

制造业拓展伙伴（MEP）计划是美国联邦政府为提升中小制造企业竞争力而设立的一项国家计划。该计划促进了政府、产业、学界等多方协作，建立了独特的公私合作伙伴关系。目前，这一计划涵盖了美国国家标准与技术研究所（NIST）的制造拓展合作伙伴、位于美国全部 50 个州和波多黎各的 51 个制造业拓展伙伴中心、385 个服务点及 1 400 多名专家[8]。

（1）计划定位。制造业拓展伙伴计划的法定目标是提高美国制造业的生产率和技术性能，具体包括 3 项措施：① 将工业界、大学、联邦机构开发的技术转让给美国各地的制造公司；② 积极向中小型制造公司传播有关制造业的科学、工程、技术和管理信息；③ 扩大行业、协会和地方学院提供的认证系统，

表 2　2015—2019 年美国制造业创新研究所产生效果

Table 2　Results of US manufacturing innovation institutes from 2015–2019

年份	研究所（个）	项目数（个）	会员数量（家）	培训劳动力人数（万人）	联邦投资（亿美元）	私人投资（亿美元）
2015年	7	147	800	3.5	1.04	2.17
2016年	9	200	830	2.8	1.15	2.19
2017年	14	270	1 291	19.1	1.21	1.77
2018年	14	475	1 937	20.0	1.83	3.04
2019年	14	561	1 920	3.9	1.33	3.55

数据来源：Manufacturing USA官网（https://www.manufacturingusa.com/reports）

Data source: Manufacturing USA official website (https://www.manufacturingusa.com/reports)

包括培训人员、支持全新或现有的学徒制，解决劳动力需求和技能缺口问题[8]。

（2）运行模式。在组织层面上，制造业拓展伙伴计划项目由美国国家标准与技术研究所的制造业拓展伙伴项目办公室、制造业拓展伙伴咨询委员会及51个制造业拓展伙伴中心3部分组成。① 国家标准与技术研究所的制造业拓展伙伴项目办公室由5个部门组成，分别执行全国性制造业合作伙伴关系网络的推广、战略执行、营销与传播、项目评估、财务管理、监督协调等任务。② 制造业拓展伙伴咨询委员会需向国家标准与技术研究所主任提供制造业拓展伙伴活动、计划和政策方面的建议，评估制造业拓展伙伴计划和战略的合理性。③ 各地的制造业拓展伙伴中心则向中小制造商转让和传播研究成果及中心的专业知识[8]。

（3）实际效果。自该计划创建以来，制造业拓展伙伴网络充分发挥伙伴关系的优势，与中小制造商合作开发新产品和客户，扩大和多样化市场，提高了供应链中的价值。由表3数据可知，这一计划从2个方面提升了美国制造业的竞争力：① 通过新技术促进了中小制造业的“提质降本增效”。各类制造商的新增销售额由2016年的23亿美元增长到了2020年的130亿美元，2020年节约的成本（27亿美元）大致是2016年（14亿美元）的2倍。② 通过知识共享与融合的方式推动了国家创新网络的扩张，进而形成了更加强大的供应链与人才培养体系。5年以来，制造业拓展伙伴计划始终维持着与2万余家中小制造商的互动，并不断地为制造业创造和保留就业岗位。以2020年为例，27 574家中小制造商在MEP国家网络中协作，新增了105 748个制造业岗位[8]。

3 美国智能制造的主要经验

3.1 完善顶层设计，构建创新生态系统

《国家制造业创新网络》强调网络的协同发展，通过各具特色的制造业创新研究所，整合创新资源，形成完整的技术创新链条，构建产业创新生态。制造业创新研究所一般选择在人才、科技、产业及上下游配套等方面具备优势的地区建立，充分依托区域资源优势并反哺区域经济，从而提高创新成果的社会效益和对区域产业发展的带动作用。同时，《2021年美国创新和竞争法案》《国家科学基金会未来法案》在公共技术投资、科技体制改革、新型人才培养体系等方面做出了相关规定，其目的依然是重塑美国智能制造生态系统[7,8]。

3.2 重视中小企业参与，扶持中小企业发展

美国非常重视提高中小企业在先进制造创新网络中的参与度，以充分发挥中小企业活力。《振兴美国制造业和创新法案》将美国国家标准与技术研究院的

表3　2016—2020年美国制造业拓展伙伴计划产生效果
Table 3　Results of US manufacturing extension partnership from 2016–2020

年份	制造商（家）	制造业岗位（个）	销售额（亿美元）	节约成本（亿美元）	单位美元收益（美元）
2016年	25 000	86 602	23	14	44.9
2017年	26 313	100 000	126	17	41.9
2018年	27 707	122 000	160	17	60.6
2019年	28 200	114 650	157	15	66.0
2020年	27 574	105 748	130	27	53.3

数据来源：Manufacturing Extension Partnership 官网（https://www.nist.gov/mep/manufacturing-reports/nist-mep-publications）；单位美元收益：每投资1美元获得的收益

Data source: Manufacturing Extension Partnership official website (https://www.nist.gov/mep/manufacturing-reports/nist-mep-publications); Earnings per dollar: The earnings for the investment of 1 dollar

《制造扩展合作伙伴关系》纳入美国制造业拓展伙伴计划。依托遍布全美的 51 个制造业拓展伙伴中心，美国将小型制造商与美国制造协会提供的技术和资源联系起来。通过派驻员工、共享科研项目等方式，制造业拓展伙伴中心帮助美国制造业创新研究所的中小型制造企业进行改造创新[9]。《美国先进制造领先战略》提高了美国中小制造企业在先进制造业中的作用，将中小企业供应商、大学、国家实验室、美国制造业研究所等机构相连接，以确保其能获得相应的技术和专业知识[10]。

3.3 提升职业教育地位，保证多层次人才供给

为满足美国先进制造发展的人才需求，劳动力发展和人才教育是《国家制造业创新网络》的优先事项[11]。一方面，美国充分利用“国家制造日”的各种公共活动逐步扭转民众对制造业的传统观念，重塑制造业形象[11]；另一方面，加大对社区学院（职业学校）的投入，强化其在先进制造人才培养方面的作用。此外，美国通过推行职业和技术教育计划来实现社区学院与产业界的结盟，不断完善先进制造人才资格证书体系发展，以帮助美国公民更好地从事高技能制造业工作[12]。《无尽前沿法案》增加了 STEM 教育经费，同时也授予美国商务部和其他联邦部门及机构协调建立区域技术中心的权利，将人才与发展关键技术的创新性的工作和商业机会联系起来[2]。

4 美国智能制造实践对推进我国智能制造政策的启示

虽然我国制造业规模位居世界前列，同时我国拥有全球门类最为齐全的工业体系，但总体而言，我国制造业目前还处在大而不强的水平。

我国智能制造政策与美国智能制造政策有一定共性：① 以创新为导向，既注重新兴技术的布局，又强调科技成果转化；② 推进制造业的知识融合，利用“政、产、学、研”的创新机制促进资源的高效使用与合理配置；③ 构建全面开放、能力共享的制造业新格局。总体而言，美国智能制造的实践，为我国推进智能制造工作、落实创新驱动发展提供许多有益的启示。

4.1 加强政府的引领作用，完善智能制造顶层设计

美国智能制造的实践表明，政府在布局重点领域、实现产业转型升级中的作用至关重要。与美国相比，我国的举国体制会更具有连续性和稳定性。我国应该充分发挥体制优势，应进一步完善推进智能制造的工作体系、优化政府在创新过程中的引领、支持和协调作用，并保证创新政策的一致性，加强重点创新领域的统筹规划，合理安排创新系统建设和新兴产业布局，避免重复建设。

4.2 培育智能制造生态系统，扶植中小企业发展

目前，我国制造业还存在“技术孤岛”的现象，这造成了创新资源无法在产业链各个环节流通，进而导致关键产业无法全面转型升级③。对此，创新生态系统的构建将是一个关键问题，这是实现技术、人才等要素充分互动的基础，是形成各类创新主体协同作用的重要支撑。借鉴美国制造业创新研究所及制造业拓展伙伴计划的经验，我国可采取 3 点措施：① 探索建立目标清晰、利益一致、分工明确、路线清晰、“政、产、学、研”多元参与的智能制造生态系统；② 充分发挥国家科技创新基地与重大科研基础设施的平台和纽带作用；③ 促进技术成果、通用资产和数据信息等资源的共享，实现不同产业、不同科学领域间的跨界知识融合。

4.3 增强自主创新能力，推动关键性技术的发现与商业化进程

目前，我国制造业面临核心技术的缺失、技术发

③ 工业和信息化部．国家智能制造标准体系建设指南（2018 年版）．(2018-01-04)[2021-08-27]. https://www.miit.gov.cn/cms_files/filemanager/oldfile/miit/n1278117/n1648113/c6013866/part/6013870.pdf.

展与产业需求的脱节等问题[④]。然而，核心技术一方面是买不来的，另一方面是产业化也需要合适的“土壤”。为了抢占全球制造业制高点，我国制造业不应只聚焦于技术的引进，而要依靠与自主创新的技术发展模式。由美国对智能制造的探索可知，自主创新能力既要布局新兴技术领域，建立协同的创新机制，又要根据市场的实际需求把握技术的产业化。基于美国的经验，我国可围绕 3 个方面来提高自主创新能力：① 建立以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系；② 围绕特定技术领域的创新成果转移转化，加强领域内学术研讨、信息共享、设施开放及项目合作；③ 打造技术产业化示范项目，为相关产业打造标杆。

4.4 深化开放合作，促进知识的共享与融合

结合我国的实际情况，中小企业智能制造转型过程中会遇到一些困难，主要体现在 2 个方面：① 自身能力差，缺乏相应的技术、资金等资源；② 转型的经济和社会效益差，具体表现在智能制造工程见效周期长、产业协同度不够等。借鉴美国开放的创新生态系统模式，我国可采取 2 个方面的措施：① 向中小企业开放创新资源入口，共享智能制造能力。在知识产权得以有效保护的基础上，我国应促进技术成果、通用资产和数据信息等资源的共享。② 深化国际合作交流。在推动内部开放的基础上，我国应加强国内智能制造资源与全球创新要素的融合，对标国际先进制造标准，鼓励国内制造商与国际同行竞争与合作。

4.5 改革考核评估体系，优化创新资源配置

根据《国家智能制造标准体系建设指南（2018 年版）》，建立合适的评估体系不仅有利于我国智能制造的动态调整，而且还有助于合理分配创新资源，持续促进我国智能制造的发展。结合美国制造业创新研究所的经验，考核体系需充分利用多方协调机制。因此，建议我国建立涉及多方的考核制度：① 围绕科技与制造业融合的目标导向，建立客观、多元、可量化的考核评估体系，明确以促进技术和制造业融合、加快科技成果转移转化为主的考核导向，保障考核体系的完整性、客观性和科学性；② 尊重创新规律和产业发展规律，将阶段性考核和周期性考核有机融合；③ 积极推进评估主体多元化，引入第三方评估机构，采用委托评估、联合评估、跨主体评估等多种方式，确保评估工作执行到位。

4.6 完善教育与培训体系，强化智能制造人才培养机制

为满足智能制造带来的人才需求，我国应进一步完善培训教育体系，培育多层次高水平的创新人才。建议我国从 4 个方面加强培训教育体系建设：① 高度重视社区学院和职业教育的建设和发展，建立高等院校、职业学院和工厂“三位一体”的职业教育体系，为创新驱动发展提供必要的高素质产业工人储备；② 结合我国“新工科”“新文科”建设，培养跨学科、跨领域的融合性创新人才；③ 促进高等院校和企业建立紧密的合作机制，保证人才的能力结构与企业的实际需要高度吻合；④ 高度重视由于经济转型升级带来的再就业问题，完善社会培训体系，壮大社会培训力量，让落后产能的劳动力成为新兴产业的生力军。

参考文献

1 United States Congress. H R 2996 - Revitalize American Manufacturing and Innovation Act of 2014. (2014-09-16) [2021-03-10]. https://www.congress.gov/bill/113th-congress/house-bill/2996/text.

2 United States Congress. United States Innovation and Competition Act of 2021. (2021-01-12)[2021-07-16]. https://

④ 工业和信息化部 . 智能制造发展规划（2016—2020 年）. (2016-12-08)[2021-08-27]. https://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757018/c5406111/part/5406802.doc.

www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/1260.

3 United States Congress. National Science Foundation for the Future Act. (2021-01-12)[2021-07-16]. https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/2225.

4 Executive Office of the President President's Council of Advisors on Science and Technology. Report to the President, Accelerating US Advanced Manufacturing. (2014-10-27)[2021-03-10]. https://www.manufacturingusa.com/sites/prod/files/amp20_report_final.pdf.

5 Rudnitsky R G, Molnar M F, Gayle F W. Manufacturing USA Annual Report, FY 2018. (2019-09-17)[2021-03-10]. https://www.nist.gov/publications/manufacturing-usa-annual-report-fy-2018.

6 Executive Office of the President National Science and Technology Council Advanced Manufacturing National Program Office. National Network for Manufacturing Innovation: A Preliminary Design. (2013-01-15)[2021-03-10]. https://www.manufacturingusa.com/reports/national-network-manufacturing-innovation-preliminary-design.

7 Georgia Tech Enterprise Innovation Institute (EI2). Manufacturing Incubator Feasibility. (2014-07-17)[2021-03-10]. https://www.chicago.gov/content/dam/city/depts/zlup/Planning_and_Policy/Publications/Chicago%20Industrial%20Corridors/Incubatory_Study_2014.pdf.

8 Congressional Research Service. The Manufacturing Extension Partnership Program. (2019-09-09)[2021-07-16]. https://fas.org/sgp/crs/misc/R44308.pdf.

9 NIST. MEP National Network: Meeting the Challenge. (2020-05-01)[2021-03-10]. https://www.nist.gov/system/files/documents/2020/07/08/MEPNN%20Meeting%20the%20Challenge%2052920-WEB.pdf.

10 National Science & Technology Council. Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing. (2018-10-18)[2021-07-16]. https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2018/10/Advanced-Manufacturing-Strategic-Plan-2018.pdf.

11 Manufacturing USA. Leading the Digital Revolution Transforming U.S Manufacturing. (2016-04-06)[2021-03-10]. https://www.manufacturingusa.com/sites/prod/files/DMDII_FINAL.pdf.

12 Manufacturing Skills Institute. Manufacturing Technician Level I Skill Standards. (2019-09-23)[2021-03-10]. http://manufacturingskillsinstitute.org/certifications/manufacturing-technician-level-1-skill-standards/mt1-skills-standards/.

Development and Enlightenment of American Intelligent Manufacturing

SUN Yi[1*] LUO Muxiong[2]

（1 School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 Sino-Danish College, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China）

Abstract With the coming of technological and industrial revolution, China's economy steps into a period with strategic opportunities, where the economic structure faces a series of challenges. As an industrial country, the transformation and upgrade of manufacturing industry has become an important channel driving high-quality economic growth and realizing the dual circulation in which domestic circulation is prioritized and domestic-international circulations mutually reinforce each other. In contrast to situation that United States values virtual economy and neglects real economy for a long term, the administrations of Obama, Trump, and

*Corresponding author

Biden consider the strategy revitalizing manufacturing industry as the core industrial strategy since 2010. Policies, like Revitalize American Manufacturing and Innovation Act of 2014, National Network for Manufacturing Innovation, United States Innovation and Competition Act of 2021, etc., have achieved the expected objective results. From the perspective of intelligent manufacturing, this study systematically analyzes the evolution of United States' intelligent manufacturing policy since the Obama administration, focuses on two practices of American Manufacturing Innovation Institute and Manufacturing Extension Partnership, and further summarizes the experience of United States' intelligent manufacturing. To promote the development of intelligent manufacturing of China, based on policies and practices corresponding to United States, China's national conditions and industrial foundation, this research summarizes 6 enlightenments of American intelligent manufacturing policy for China: (1) emphasizing the leading role of the government and consummating the top-level design of intelligent manufacturing; (2) cultivating intelligent manufacturing ecosystem and supporting the development of small and medium-sized enterprises; (3) enhancing the ability of independent innovation and promoting the process of discovery and commercialization of key technologies; (4) sustaining openness and cooperation of the manufacturing system, accelerating knowledge sharing and integration; (5) reforming the evaluation system and optimizing the allocation of innovation resources; (6) improving the education and training system, strengthening the training mechanism of intelligent manufacturing talents.

Keywords United States, intelligent manufacturing, manufacturing, innovation institute, manufacturing extension partnership, policy



孙 毅 中国科学院大学继续教育学院副院长、经济与管理学院虚拟商务系副主任、副教授。主要研究领域：数字经济、智能制造、金融科技等。主持国家级课题 4 项、大型企业委托课题 2 项，并多次参与国家发展和改革委员会、财政部、科学技术部、国务院发展研究中心政策制定及调查研究，发表论文 20 余篇。E-mail: suny@ucas.ac.cn

SUN Yi Vice Dean at School of Continuing Education; Deputy Director, Associate Professor at School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences. His main research areas cover digital economy, behavioral finance, fintech, etc. He has presided over 4 national projects and 2 projects commissioned by large enterprises. Meanwhile, he also participated in the policy formulation and investigation research of National Development and Reform Commission, Ministry of Finance, Ministry of Science and Technology, and Development Research Center of the State Council for many times, and has published more than 20 papers. E-mail: suny@ucas.ac.cn

■责任编辑：张帆